

第2章 原子力関連活動

1. 附属国際原子力工学研究所の活動

原子力の夢実現にさらなる挑戦！

附属国際原子力工学研究所所長 竹田 敏一

2011年3月11日の東日本大震災による福島第一原子力発電所の大事故（国際原子力機関が定める原子力事象評価尺度で最悪のレベル7）を受け、原子力界の将来が危惧されている。放射線量の測定、医学的影響、放出された放射性物質の除染、安定した炉心冷却、除染水の処理が当面重要な課題であり、有効な手段による事故の収束が望まれる。収束には、このほか、炉心溶融による燃料デブリの除去も課題として残されている。

このように、事故を収束させるためにも、数十年の期間に亘り、放射性物質の除染、原子力プラントの廃止措置を継続して実施していかなければならず、そのために若手技術者の育成が必要であり、それには、原子力教育の継続・充実が不可欠である（図1参照）。

しかし、学生にとって将来の仕事が放射性物質の除染、プラントの廃止措置しかない場合に、原子力を自分でやってやろうとする積極性のある優秀な学生が、大学の原子力関連の学部・専攻に入ってくれるであろうか？半年前までの原子力ルネッサンスと称される時代には、世界で原子力に対する夢があった。第4世代原子力プラント（GEN

IV）が国際的に議論され、将来原子力プラントとしては持続可能性、経済性、安全性・信頼性、核拡散抵抗性を有するプラントが選ばれ、国際協力の下、研究開発が行われてきた。国内においても、ABWR（改良型沸騰水型軽水炉）、APWR（改良型加圧水型原子炉）プラントの建設が本格的に始まろうとしており、GEN-IVの最有望株であった高速増殖炉も、原型炉「もんじゅ」を有効活用しながら2025年までに実証炉、2050年には実用炉の運転を開始する計画であった。現在、これらの夢は凍結状態にされている。事故前に決められたこれらの夢は、安全性を中心にして再検討すべきであるのは当然であるが、将来の原子力ロードマップについて、原子力委員会等が腰を落ち着け、しっかりとした夢のある計画を作成してくれることを期待する。しかし、その間も、原子力に対する「夢」を新入生に与えつつ、原子力の教育・研究開発を続けたいものである。「夢」とは何であろうか？（図2参照）

GEN-IV 原子力プラントで要求されている項目の「持続可能性」には、Pu（プルトニウム）等の有効利用による長期に亘るエネルギー確保、温暖化ガス放出の少ないクリーンエネルギーによる環境保護のほか、放射性廃棄物の最小化も謳われている。高速炉を用いると、放射性廃棄物のうち、長半減期核である Np（ネプツニウム）、Am（アメリシウム）等のいわゆるマイナーアクチニド核種を燃やし、核変換することができる。アクチニドバーナー炉等も考えられており、どのような設計が放射性廃棄物の削減に有効か、非常に興味のある課題である。さらに、「安全性・信頼性」に関しては、AP-1000のような静的安全性を重視したプラント、さらにはオフサイト緊急体制が不要となる超安全な原子力

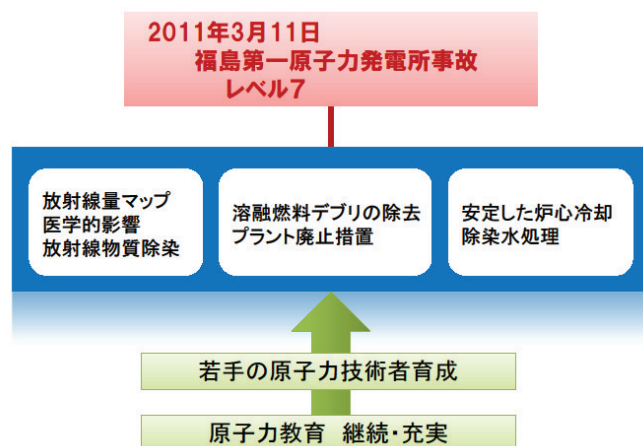


図1. 福島原発事故での収束のための課題

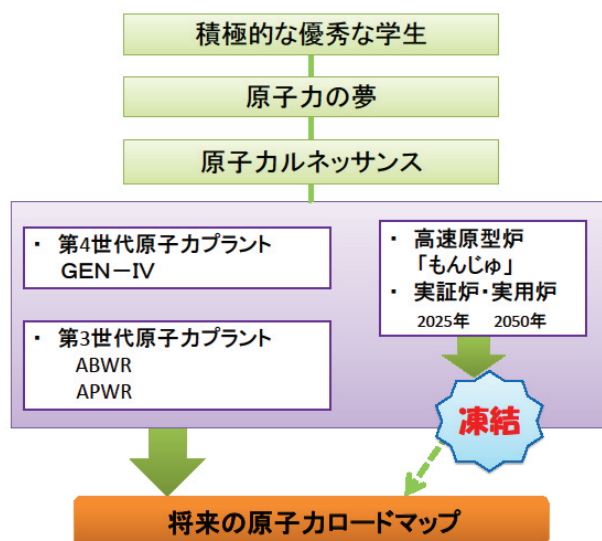


図2. 原子力の夢とロードマップ

プラントの設計も、安全性重視という点では興味あるテーマである。

このような夢が、原子力にはある。しかし、日本国内だけで「原子力開発」と言っても、事故の影響でそう簡単に実行できるものではない。一方、フランス、アメリカ、中国、インド、韓国、東南アジア諸国では、原子力安全性を慎重に考慮することは言われていても、原子力から脱却する方向ではない。日本としては、諸外国との国際協力の下、原子力研究開発を進めればよい。原子力教育に関しても、この国際協力を考慮に入れて実施すればよい。こう考えると、世界の原子力の「夢」を日本にも取り入れられれば、やる気満々の優秀な若手学生が原子力に入ってくれることを期待できる。

原子力教育で大切なことは、学生の基礎力の充実である。原子炉安全に必要な、1) 止める 2) 冷やす 3) 閉じ込める、の原理をしっかり教えることである。1) の「止める」に関しては、炉物理学で、「臨界」という概念が「実効増倍率（中性子増倍係数）」を用いて表現され、輸送方程式（拡散方程式）の固有値として導入されたことを示す。2) の「冷やす」に関しては、燃料棒と冷却材間のエネルギーバランス、冷却材流れの支配原理を教え、冷却材

流量、圧力と温度の関係を基礎から理解してもらう。3) の「閉じ込める」に関しては、放射線・放射性物質の挙動に対する基礎知識、それを閉じ込める原子炉容器等の材料強度についての基礎を知ってもらう。このためには、原子力の基礎・基盤となる原子核物理学、原子炉物理学、原子炉熱流動工学、放射線計測学、核燃料・材料学、原子炉制御学、原子炉工学、核燃料サイクル工学等のカリキュラムを体系的に教え、学生が自ら体験できる原子力実験・実習を必須科目とする。これにより、学生に原子力を実感してもらう教育システムを構築し、学生に原子力への興味を持ってもらうことが必要である。また、大学院の博士前期・後期課程では、各分野の専門性を深く追求し、独創性のある研究をやるのもよいし、前述のカリキュラムの総合力を活かし、将来の安全な原子力プラント、核燃料サイクルを設計するのもよい。

個々の基礎分野研究開発も重要である。原子力プラントの安全性は、最新の知見、データに基づいて評価することが安全審査の指針に明記されている。過度の安全裕度を持った簡易モデルが従来しばしば使用されているが、原子炉核熱水力の物理現象を正しく把握できていない場合がある。例えば、原子炉物理学におけるドップラー反応度係数の計算で言えば、数 eV のエネルギー領域において、U-238による上方散乱の効果が無視されてきた。上方散乱により、一つの共鳴エネルギー領域の高い方のエネルギーの中性子スペクトルが増

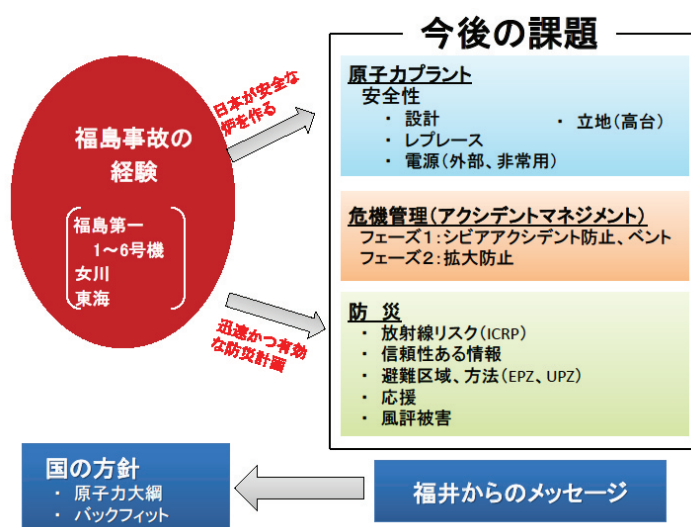


図3. 事故の発生防止、緩和のための課題

加する。その結果、U-238による共鳴吸収が増加し、ドップラー反応度係数の絶対値も増加することが、モンテカルロ計算により発見された。この効果を取り入れない場合、ドップラー反応度の絶対値は約10%程度過小評価されるので、従前手法は一般的に安全側であったのだが、上方散乱の物理現象が見過ごされていたことになる。

また、福島事故を踏まえ、静的安全性を有する原子力プラント、全交流電源喪失が生じない原子力プラント、シビアアクシデントが発生しにくい原子力プラント等の設計研究もまた、今後の日本の原子力界を支える上で大学院生に研究してもらいたいテーマである（図3参照）。独創的な発想により、全世界の原子力プラントの安全性向上を目指してもらいたい。これらの学生の成果が、今後の日本、世界の原子力界の将来に反映されるような体制を構築することにより、優秀な学生が育つようにすべきである。

最後に、国際協力について述べる。原子力教育の効果を上げるには、教育体制の国際化が不可欠となる。日本国内でも教育の連携ネットワークが進められているが、国際ネットワークも並列して進めるべきである。原子力教育にとって不可欠となる教育用（研究用）原子炉、臨界集合体等の大型実験施設の維持・管理・さらには廃止措置については、一大学だけで対処するには問題が大きすぎる。また、施設の高経年化の問題も生じてくる。このような環境下、学生に実験を続けてもらい、実のある原子力教育を維持するには、国際協力により世界の大型施設を有効に活用することを考える必要がある。原子力のソフト・ハード面の教育をより充実させ、「原子力をやりたい」と思う学生を増やしたいものである。